

Efecto de cinco dietas con diferentes proporciones de fibra detergente neutro y almidón en el rendimiento productivo, comportamiento ingestivo y peso de órganos digestivos del cuy (*Cavia porcellus*)

Effect of five diets with different neutral detergent fibre and starch ratios on productive performance, ingestive ratio, and weight of digestive organs in guinea pigs (*Cavia porcellus*)

Manuel Paredes A.^{1,2}, Emilio Goicochea P.¹

RESUMEN

El experimento tuvo como objetivo determinar los efectos de la relación de fibra detergente neutro (FDN) y almidón en la dieta sobre rendimiento productivo, comportamiento ingestivo y peso de los órganos digestivos del cuy (*Cavia porcellus*). Se prepararon cinco dietas isonitrogenadas variando la proporción FDN:almidón (PFA): 8.1, 3.5, 2.0, 1.3 y 0.8. Se usaron 160 cuyes de 28 días de edad alimentados durante siete semanas. El aumento de peso y el índice de conversión alimenticia en los grupos PFA 2.0 y PFA 1.3 fueron mejores que los demás grupos ($p < 0.05$), acompañado por un mayor rendimiento de carcasa ($p < 0.05$). El aumento de peso en PFA 3.5 fue mayor que en los grupos PFA 8.1 y PFA 0.8 ($p < 0.05$). La ingesta relativa de materia seca (MS) y la ingesta de FDN en el grupo PFA 8.1 fue la más alta; sin embargo, la ingesta de energía digestible en PFA 8.1 fue la menor ($p < 0.05$). El peso de ciego fue mayor en PFA 8.1, PFA 3.5 y PFA 2.0 que en PFA 1.3 y PFA 0.8 ($p < 0.05$). La ingesta de MS en PFA 0.8 fue la menor. Los resultados indican que la proporción óptima de FDN:almidón en las dietas de cuyes en crecimiento está entre 1.3 y 2.0.

Palabras clave: fibra detergente neutro, almidón, rendimiento productivo, comportamiento ingestivo, órganos digestivos, cuy

ABSTRACT

The experiment aimed to determine the effects of the relationship of neutral detergent fibre (NDF) and starch in the diet on productive performance, ingestive ratio and weight of the digestive organs of guinea pig (*Cavia porcellus*). Five isonitrogenous diets were

¹ Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú

² E-mail: mepaunc@gmail.com, mparedes@unc.edu.pe

Recibido: 23 de abril de 2020

Aceptado para publicación: 30 de octubre de 2020

Publicado: 23 de febrero de 2021

prepared varying the NDF:starch ratio (PFA): 8.1, 3.5, 2.0, 1.3, and 0.8. In total, 160 28-day-old guinea pigs fed for seven weeks were used. The weight gain and the feed conversion index in the PFA 2.0 and PFA 1.3 groups were better than the other groups ($p < 0.05$), together with a higher carcass performance ($p < 0.05$). The weight gain in PFA 3.5 was greater than in the PFA 8.1 and PFA 0.8 groups ($p < 0.05$). The relative intake of dry matter (DM) and the intake of NDF in the PFA 8.1 group was the highest; however, the digestible energy intake in PFA 8.1 was the lowest ($p < 0.05$). Cecum weight was higher in PFA 8.1, PFA 3.5 and PFA 2.0 than in PFA 1.3 and PFA 0.8 ($p < 0.05$). The DM intake in PFA 0.8 was the lowest. The results indicate that the optimal NDF:starch ratio in growing guinea pig diets is between 1.3 and 2.0.

Key words: neutral detergent fibre, starch, productive performance, ingestive ratio, digestive organs, guinea pig

INTRODUCCIÓN

El cuy es un mamífero roedor originario de la zona andina de Sudamérica, alimentado de acuerdo con su capacidad herbívora solo con forrajes, pienso concentrado o con dieta mixta (Chauca, 1997). Los forrajes aportan grandes cantidades de fibra y los piensos concentrados son ricos en almidón, por lo que el equilibrio de ambos componentes dietarios es importante debido a que el alto contenido de fibra disminuye el aporte energético, del mismo modo que el exceso de almidón acidifica el pH cecal, reduciendo la digestibilidad de la fibra (Kawasaki *et al.*, 2017).

El conocimiento de las necesidades nutricionales del cuy permiten planificar una alimentación balanceada que permita mejorar sus índices productivos; sin embargo, aún se toma como base de la nutrición las recomendaciones para cuyes de laboratorio, que proponen piensos con 10% de humedad, 2.8-3.5 kcal/g de energía metabolizable (EM), 180 g de proteína cruda (PC) y 150 g de fibra cruda (FC) por kg de alimento, sin haberse establecido una concentración óptima de lípidos y carbohidratos (NRC, 1995). De otra parte, también se recomiendan dietas con 3.0 kcal/g de energía digestible (ED) para mejorar la conversión alimenticia (Morales *et al.*, 2011).

El cuy digiere el almidón y los azúcares en el intestino delgado, con absorción a través de transportadores de glucosa y mayor eficiencia en el yeyuno (Anglas *et al.*, 2012), en los ciegos y colon fermenta el alimento por acción microbiana para utilizar la fibra, aunque empleando mayor cantidad de energía por unidad de masa corporal que rumiantes y caballos (Sakaguchi, 2003). Los cuyes poseen un ciego, donde se desarrolla el 65% de la digestión gastrointestinal (Johnson-Delaney, 2016), con un colon espacioso (Franz *et al.*, 2011), alcanzando hasta 55% de digestibilidad de la fibra detergente neutro (FDN), con una actividad hidrolítica de la fibra en el ciego mayor que la del conejo (Yu *et al.*, 2000). El mayor tiempo de retención y tasa de paso de la digesta en el tracto gastrointestinal, el grado de saculación del ciego, y la mucosa densa y plegada, permiten al cuy una mayor producción de ácidos grasos de cadena corta como fuente energética (Adebowale *et al.*, 2019).

Los carbohidratos se clasifican en azúcares, almidones y polisacáridos no amiláceos (PNA); mientras que la fibra dietética abarca a la lignina y PNA, la FDN comprende dos de las fracciones de PNA, celulosa y hemicelulosa, además de lignina (de Blas *et al.*, 2013). La fibra y el almidón son determinantes del nivel energético del pienso y son

Cuadro 1. Composición química y valor energético de los ingredientes¹ utilizados en la formulación de las dietas experimentales (en base fresca)

	Humedad (%)	Proteína (%)	ED (kcal/kg)	Fibra (%)	FDN (%)	Almidón (%)
Maíz	13.6	7.3	3350	2.1	9	63.8
Afrecho de trigo	12.4	15	2350	10.1	37.1	20
Soya integral	9.2	37	4240	5	11.3	-
Torta de soya	12.1	44	3400	5.9	12.8	0.1
Aceite de palma	-	-	8300	-	-	-
Polvillo de arroz	10.3	12.8	3300	7.8	18	27
Heno de alfalfa	9.5	17.5	2070	24.3	37.9	-

ED: valores de energía digestible encontrados mediante pruebas de digestibilidad en conejos
FDN: fibra detergente neutro

¹Valores reportados en Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (de Blas *et al.*, 2010)

importantes por su influencia sobre el estado sanitario de los animales, guardando una estrecha relación con los rendimientos productivos (Blas *et al.*, 1990). Los alimentos de origen vegetal son las principales fuentes de carbohidratos para especies mono-gástricas y representan más de dos tercios del consumo total de energía en estos animales (Bach Knudsen *et al.*, 2012).

Los efectos de la fibra sobre indicadores productivos en especies monogástricas han sido estudiados. Ndou *et al.* (2019) evaluaron el efecto de la celulosa sobre la salud intestinal de cerdos, Xiao *et al.* (2015) evaluaron la mejora de la función intestinal y los efectos metabólicos de fibra dietética no digerible en cuyes y conejos, y Bazay *et al.* (2014) evaluaron la fibra fácilmente fermentable en el engorde de cuyes. Otros estudios muestran parámetros de crecimiento del cuy en base a dietas con forraje y suplementaciones con subproductos de trigo (Torres *et al.*, 2013; Puente *et al.*, 2019). La

exclusión total del forraje por pienso concentrado con alto contenido de almidón también ha sido estudiada en cuyes (Morales *et al.*, 2011; Camino y Hidalgo, 2014). Por otra parte, Norman y Wills (2016) evaluaron las causas de mortalidad y menor longevidad y su relación con enfermedad dental por dietas con alta energía y baja fibra, sin lograr encontrar una asociación significativa.

Existen reportes de resultados experimentales sobre sistemas de alimentación en cuyes, con forraje como único alimento, con pienso concentrado solamente y mediante alimentaciones mixtas; sin embargo, no se hacen mayores evaluaciones de los efectos de la relación FDN/almidón; por lo que, el objetivo de este estudio fue evaluar diferentes proporciones de FDN a almidón considerando cinco dietas isonitrogenadas y su efecto sobre rendimiento productivo, comportamiento ingestivo y peso de órganos digestivos del cuy con fines cárnicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Estudio

El estudio se realizó entre marzo y abril de 2019 en la Granja Experimental de Animales Menores de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, a una altitud de 2684 msnm, en la provincia de Cajamarca, ubicada en la sierra norte del Perú. La zona presentó temperaturas ambientales mínimas y máximas durante estudio de 5.4 y 23.5 °C, respectivamente.

Animales, Dietas y Manejo

Se utilizaron 160 cuyes machos cruzados ecotipo Cajamarca x Perú con 447.8 ± 35.1 g peso vivo (PV) y 28.0 ± 2.4 días de edad. Los cuyes fueron asignados aleatoriamente a cinco tratamientos dietéticos, cada uno con 8 repeticiones y cada repetición con 4 cuyes alojados en una poza de 1.00 x 0.75 x 0.60 m (largo x ancho x altura). Se utilizaron 40 pozas con cama de viruta para alojar a los animales en prueba. Las temperaturas mínimas y máximas dentro de la zona de crianza fueron de 11.3 y 23.8 °C en promedio, respectivamente, para las seis semanas experimentales.

La formulación de las dietas tuvo como base la información del valor nutritivo de los ingredientes alimenticios que indica la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal - FEDNA, recopilada por de Blas *et al.* (2010), que indica valores de FDN y almidón de los alimentos (Cuadro 1). Se incluyó en todas las dietas una fuente de vitamina C, utilizándose Ascorbil Oral, bolsa x 1 kg de ácido ascórbico (Montana, Perú). Las dietas fueron isonitrogenadas, considerando las recomendaciones de NRC (1995) y con diferente proporción FDN: almidón (PFA) (Cuadro 2). Los tratamientos dietéticos establecidos de acuerdo al nivel de FDN (F) y almidón (A) fueron: 1) 40F/5A con 40% FDN y 5% almidón (PFA=8.1), 2) 35F/10A

con 35% FDN y 10% almidón (PFA=3.5), 3) 30F/15A con 30% FDN y 15% almidón (PFA=2.0), 4) 25F/20A con 25% FDN y 20% almidón (PFA=1.3), 5) 30F/25A con 20% FDN y 25% almidón (PFA=0.8).

Los cuyes consumieron el nuevo alimento, tipo harina, en una fase de adaptación de siete días. Las dietas experimentales se suministraron *ad libitum* en un comedero de metal tipo tolva sobre una bandeja como base para evitar la mezcla del alimento con el material de cama, permitiendo controlar el desperdicio del concentrado. Los animales tuvieron acceso al agua por medio de un bebedero de arcilla cocida, suministrada dos veces al día previo lavado del bebedero, midiéndose diariamente la ingesta de agua. Los alimentos se ofrecieron a las 08:00 y 17:00 horas.

Parámetros Productivos

- El consumo diario de alimento se determinó por diferencia entre la cantidad suministrada y el residuo.
- La ingesta diaria de alimento (IDA) se determinó mediante la suma del consumo total de alimento en cada poza durante todo el periodo experimental dividido por el número de días del periodo y entre el número de cuyes por poza. La IDA se expresa en gramos de materia seca (MS) promedio por cuy, para lo cual se multiplicó el porcentaje de MS de cada dieta experimental por la cantidad de alimento ingerido.
- El peso vivo inicial (PVI) fue registrado y el control de pesos se hizo en forma semanal, en las primeras horas de la mañana, con los animales en ayunas. El peso vivo final (PVF) se registró a los 49 días del estudio.
- La ganancia diaria de peso (GMD) se calculó por diferencias entre el PVF y el PVI dividido por el número de días que duró el experimento.
- Los cuyes fueron sacrificados al final del experimento (49 días), registrándose el peso de la carcasa caliente a los 45 minutos post mortem.

Cuadro 2. Ingredientes y contenido nutricional de las dietas experimentales (g/kg, base fresca)

	40F/5A	35F/10A	30F/15A	25F/20A	20F/25A
Ingredientes					
Maíz	50	110	70	135	205
Afrecho de trigo	69	83	330	350	300
Soya integral	-	140	150	150	150
Torta de soya	80	-	20	45	80
Aceite de palma	40	20	5	-	-
Polvillo de arroz	-	39	159	179	239
Heno de alfalfa	750	600	250	120	-
Fosfato dicálcico	3	-	-	-	-
Carbonato de calcio	-	-	8	13	18
Sal común	5	5	5	5	5
DL Metionina	1	1	1	1	1
Premezcla vitamínica-mineral ¹	1	1	1	1	1
Ascorbil oral ²	1	1	1	1	1
Total	1000	1000	1000	1000	1000
Contenido nutricional calculado					
Materia seca	899.9	896.2	890.5	886.7	884.1
Almidón	48.9	98.6	153.0	202.1	251.4
FDN	397.1	349.0	299.7	258.3	203.5
Fibra	225.1	192.9	137.7	108.9	79.3
Proteína cruda	177.1	179.4	180.7	180.0	180.2
Energía digestible, kcal/kg	2440	2635	2765	2875	3046
Lisina	8.3	8.6	8.9	9.0	9.0
Metionina	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Calcio	11.8	9.4	7.8	8.0	8.2
Fósforo	4.0	4.1	7.2	7.6	8.0
Proporción FDN: Almidón	8.12	3.54	1.96	1.28	0.81

¹ Cada kg contiene: Vit. A 9 000 mil UI, Vit. D₃ 2 500 mil UI, Vit. E 15 000 UI, Vit. K₃ 2.5 g, tiamina 1.5 g, riboflavina 6.5 g, cianocobalamina 0.01g, ácido pantoténico 5.50 g, ácido fólico 1 g, niacina 25 g, Mn 70 g, Zn 70 g, Fe 30 g, Cu 8 g, I 1 g, Se 0.30 g, Co 0.1 g

² Fuente de ácido ascórbico 100%

FDN: fibra detergente neutro

El control de PV, suministro y rechazo del alimento, y carcasa se hizo con una balanza electrónica de precisión (BEP), marca KERN, de capacidad 2100 g, precisión de lectura 0.01 g. El índice de conversión alimenticia (ICA) fue calculado mediante la relación entre IDA/GMD, y el rendimiento de carcasa (RC) mediante el peso de carcasa x 100 dividido por el PVF.

Comportamiento Ingestivo

- La IDA se determinó semanalmente, expresado en gramos de MS/cuy y también como ingesta de MS con relación al peso vivo mediante la división de la IDA semanal x100 por el PV al inicio de semana.
- Se determinó el promedio de ingesta de MS expresado en porcentaje del PV durante todo el experimento.
- Se determinó la ingesta de ED, PC, FC, FDN y almidón en promedio por cuy/etapa experimental y según tratamiento, considerando el contenido calculado de estos nutrientes en cada dieta multiplicado por la ingesta total de alimento consumido por cuy durante el experimento.
- El suministro de agua y el residuo en cada bebedero se midió con la ayuda de dos vasos de precipitado de vidrio borosilicatado de 250 ml. Se calculó mediante la diferencia entre suministro menos residuo multiplicado por el factor 0.912 que representa la eficiencia en consumo para este tipo de bebedero (Sánchez *et al.*, 2013).
- Se registró la ingesta diaria de agua permitiendo calcular la ingesta total/cuy según tratamiento y el promedio diario para la etapa experimental. Conocido el promedio de ingesta diaria de agua y de MS en todo el experimento, se determinó la relación agua: MS mediante división de la ingesta diaria de agua por la IDA.

Tracto Gastrointestinal e Hígado

Al final del estudio, ocho cuyes por tratamiento fueron elegidos al azar y sacrificados. El tracto gastrointestinal (TGI) e hígado fueron removidos de la carcasa, separado el estómago y seccionado el intestino en duodeno, yeyuno, íleon, ciego y colon-recto, y pesados en una BEP marca Kern de 400 g de capacidad y precisión de lectura de 0.01 g. Obtenido los pesos de las diferentes estructuras del TGI e hígado, se relacionaron al peso vivo de cada cuy según tratamientos mediante la división del peso del órgano x 100 sobre el PV.

Análisis Estadístico

Se utilizó el análisis de varianza para determinar los efectos de las dietas con diferentes PFA sobre rendimiento productivo, comportamiento ingestivo y peso de órganos digestivos mediante el procedimiento GLM del software SAS (SAS Institute, 2006). Las diferencias significativas entre los grupos se determinaron mediante la prueba de rango múltiple de Duncan. Las diferencias se consideraron significativas a $p < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento Productivo

Los valores promedio del PV, IDA, GMD, ICA y peso de carcasa de los cuyes que consumieron dietas con diferentes PFA durante las siete semanas experimentales se muestran en el Cuadro 3. Se observa el mayor PVF ($p < 0.05$) en los cuyes de los tratamientos 35F/10A, 30F/15A y 25F/20A, mejor GMD e ICA en los cuyes alimentados con las dietas 30F/15A y 25F/20A ($p < 0.05$). Así mismo, el tratamiento 20F/25A fue diferente e inferior de los demás tratamientos en IDA ($p < 0.05$). El peso de carcasa presentó diferencias significativas entre grupos ($p < 0.05$).

Cuadro 3. Efecto de las dietas con diferentes proporciones de fibra detergente neutro (FDN) y almidón (PFA) sobre el rendimiento productivo del cuy evaluado entre 29 y 77 días de edad¹

	Tratamientos ²					SEM	p
	40F/5A	35F/10A	30F/15A	25F/20A	20F/25A		
Peso inicial, g/cuy	453.8	454.75	453.3	455.6	455.0	0.9	0.904
Peso final, g/cuy	844.8 ^b	912.70 ^{ab}	984.1 ^a	981.3 ^a	862.8 ^b	53.9	0.045
IDA, g de MS/cuy	51.99 ^a	52.58 ^a	52.80 ^a	51.14 ^a	45.49 ^b	3.4	0.038
GMD, g/cuy	7.98 ^c	9.35 ^b	10.83 ^a	10.73 ^a	8.32 ^c	1.2	0.041
ICA	6.52 ^a	5.63 ^b	4.87 ^c	4.77 ^c	5.47 ^b	0.6	0.039
Peso de carcasa, g	544.60 ^c	608.50 ^b	675.90 ^{ab}	701.50 ^a	638.70 ^b	51.6	0.046
RC, %	64.20 ^b	66.80 ^{ab}	68.70 ^{ab}	71.70 ^a	74.10 ^a	5.2	0.047

^{a,b,c} Promedios en la misma fila con diferentes superíndices son estadísticamente diferentes (P<0.05).

¹ Datos representan promedios de 8 repeticiones / tratamiento de 4 cuyes por repetición

² 40F/5A: PFA 8.1, 35F/10A: PFA 3.5, 30F/15A: PFA 2.0, 25F/20A: PFA 1.3, 20F/25A: PFA 0.8
FDN: fibra detergente neutro. IDA: ingesta diaria de alimento. GMD: ganancia diaria de peso vivo. ICA: índice de conversión alimenticia = IDA/GMD. RC: Rendimiento de carcasa = (peso de carcasa/peso vivo final) x 100

SEM: Error estándar de la media

debido a la influencia del PVF, pero cuando este peso es expresado en términos relativos, solamente el tratamiento 40F/5A mostró menor rendimiento de carcasa, mejorándose este indicador a medida que la dieta contiene menos FDN.

El mejor PVF, GMD e ICA correspondió a los tratamientos 30F/15A y 25F/20A, con mejores valores a los encontrados por Guzmán *et al.* (2019), quienes alimentaron cuyes con rye grass-trébol rojo suplementa-

do con 20% de afrechillo de trigo en la sierra central del Perú, obteniendo GMD de 9.39 g y 6.90 de ICA; posiblemente por diferencias en el contenido de FDN (40%) y almidón dietario (5%). Por otro lado, Bazán *et al.* (2019) obtuvieron 13.5 g de GMD y 4.04 de ICA en cuyes criados en la costa central del Perú, con alimentación mixta y un contenido estimado de 30% de FDN y 10% de almidón, diferencias que pueden atribuirse a las condiciones ambientales de la costa y la calidad genética de los cuyes.

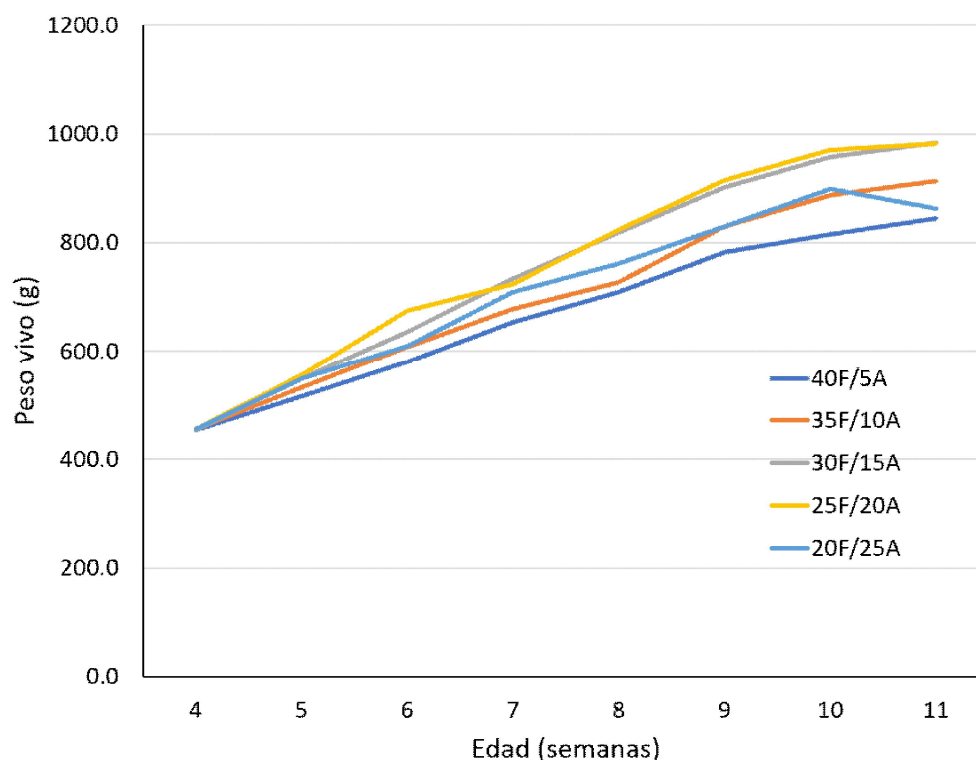


Figura 1. Evolución del peso vivo de cuyes de acuerdo con la edad e ingesta de dietas con diferentes proporciones de FDN y almidón (A). Dietas: 40F/5A: PFA 8.1, 35F/10A: PFA 3.5, 30F/15A: PFA 2.0, 25F/20A: PFA 1.3, 20F/25A: PFA 0.8. PFA: Proporción FDN: almidón

En el presente experimento, los cuyes que consumieron dietas con el más alto PFA (40% de FDN y 5% de almidón) tuvieron menores GMD y PVF. Es posible que el exceso de fibra pudo saturar de sustrato al ciego y colon, provocando un descenso de la actividad enzimática (Morales *et al.*, 2003); además, el exceso de fibra en la ración disminuye la digestibilidad de los nutrientes en el tracto digestivo (Morales *et al.*, 2002). Por otro lado, la dieta con el más alto contenido de almidón (20F/25A), aparte de lograr una menor GMD y PVF, también resultó con un ICA de menor eficiencia, debido posiblemente a que la gran ingesta de almidón puede provocar la formación de una solución viscosa en el lumen intestinal, disminuyendo la digestión y absorción de nutrientes con merma en el incremento de peso corporal (Villarreal

et al., 2018). Esto ocurrió especialmente en la última semana (Figura 1), a diferencia de lo observado en las curvas de crecimiento de los demás tratamientos que siempre mostraron incrementos de peso durante las siete semanas experimentales.

La IDA fue inferior en el tratamiento con menor contenido de FDN (20F/25A), lo cual concuerda con Sotelo *et al.* (2020), quienes reportan menor IDA en cuyes con dietas con menor contenido de fibra; sin embargo, contradice lo establecido por Chamberlain y Wilkinson (2002), que establecen que dietas bajas en FDN promueven mayor consumo de MS. El RC fue inferior en los cuyes del tratamiento 40F/5A debido al mayor peso relativo de los intestinos provocado por la mayor ingesta de FDN. El mejor RC (74.1%)

se presentó en cuyes alimentados con menor contenido de FDN (20F/25A), superando ligeramente al 72.7% de RC reportado por Yamada *et al.* (2019), en cuyes alimentados con 90% maíz chala y más de 50% de FDN. El RC del tratamiento 20F/25A también fue superior al 71.3% reportado por Bazán *et al.* (2019) en cuyes alimentados con dietas con 30% de FDN y 10% de almidón. Por otra parte, el RC de las dietas con 40, 35 y 30% FDN fueron similares al RC de 65-67% reportados por Choez y Ravillet (2018) en cuyes alimentados con una dieta mixta de 60% concentrado y 40% alfalfa con 25% de FDN.

Comportamiento Ingestivo

En el Cuadro 4 se muestra la ingesta de alimento en términos de MS, expresado en g/cuy y en porcentaje del PV, observándose diferencias significativas ($p < 0.05$) por efecto de la dieta a partir de la tercera semana experimental. Se observó el efecto en la semana 4, 6 y 7 con ingestas inferiores en los cuyes del tratamiento 20F/25A, sin observarse diferencias entre los demás tratamientos. Se observó un incremento de la IDA con la edad hasta los 70 días, pero con una extraña disminución en la última semana. Por tal motivo, el consumo de MS fue expresado en términos relativos, como porcentaje del PV, determinándose que el consumo de MS disminuye con la edad en los cinco tratamientos; así, en el grupo con mayor PFA el consumo de MS disminuyó en 29% y en el grupo con menor PFA en 62%, lo que confirma que el consumo voluntario en cuyes en crecimiento está muy relacionado con la edad del animal (González y Tapia, 2017).

Se pudo determinar que cuyes alimentados con una dieta con alto contenido de FDN tienen mayores ingestas de MS con relación al PV que las dietas más almidonadas; lo que podría relacionarse también con la calidad de forraje y el valor energético de la dieta. En este sentido, Chauca (2018) indica que el consumo de MS puede incrementarse a 6.8% del PV si el alimento contiene 2.2 Mcal/kg de ED, mientras que dietas con 3.1 Mcal/kg produce un 5% de ingesta de MS.

La menor cantidad de ED consumida correspondió a los cuyes del tratamiento con mayor FDN, a diferencia del consumo de PC del que se tuvo la menor ingesta en los cuyes con mayor consumo de almidón. Al determinar la relación Energía:PC (REP) en kcal ingeridas por gramo de PC consumida, se observó una relación que se incrementa a medida que la FDN disminuye y el almidón aumenta en la dieta. Estas relaciones en el estudio fueron: 139, 147, 153, 160 y 169 kcal de ED por g/PC, para los tratamientos 40F/5A, 35F/10A, 30F/15A, 25F/20A y 20F/25A, respectivamente. La densidad de nutrientes en la dieta no solo influye significativamente en el crecimiento, sino también en la calidad de la canal (Wen *et al.*, 2017).

No se encontraron diferencias en la ingesta de agua entre tratamientos ni en el consumo diario ni en el total (Cuadro 4), coincidiendo con las observaciones de Sanchez *et al.* (2013) en cuyes de 74 días de edad con una ingesta diaria de agua de 100.5 ml con una dieta a base de heno de rye grass + trébol suplementado con grano de cebada. Chauca (2018), asimismo, indica que el consumo de agua en cuyes en crecimiento está en 100 ml/día por cada kg de PV.

Peso del Intestino e Hígado

El peso de los segmentos del TGI e hígado a los 77 días de edad se presentan en el Cuadro 5. Los pesos de los segmentos del TGI y el peso absoluto del hígado están influenciados por las dietas con diferentes PFA ($p < 0.05$), mas no hubo diferencias entre dietas en el peso relativo del hígado. De modo general, la dieta con 20% de FDN y 25% de almidón presentó menor desarrollo de los segmentos del TGI, tanto en unidades de masa como con relación al peso vivo, en comparación con las otras dietas con mayores niveles de PFA. El peso del estómago es mayor con dietas con PFA de 8.1 y 3.5, lo que equivale a mayores consumos de FDN, mientras que el peso relativo del duodeno fue similar hasta con cuatro dietas con mayor FDN. El yeyuno

Cuadro 4. Efecto de dietas con diferentes proporciones de fibra detergente neutro (FDN) y almidón (PFA) sobre el comportamiento ingestivo del cuy entre los 29 y 77 días de edad¹

	Tratamientos ²					SEM	p
	40F/5A	35F/10A	30F/15A	25F/20A	20F/25A		
<i>Ingesta de MS, g/cuy</i>							
29 a 35 d	43.7	42.6	43.8	42.5	40.9	2.4	0.528
36 a 42 d	45.5	45.8	46.3	44.2	41.3	2.3	0.731
43 a 49 d	51.4 ^a	52.5 ^a	53.2 ^a	51.7 ^a	45.9 ^b	3.5	0.050
50 a 56 d	53.3 ^a	54.6 ^a	54.2 ^a	53.6 ^a	46.3 ^b	4.1	0.045
57 a 63 d	56.4	56.7	56.1	56.1	52.1	2.3	0.249
64 a 70 d	58.4 ^a	58.8 ^a	59.2 ^a	61.0 ^a	52.5 ^b	3.7	0.036
71 a 77 d	55.3 ^a	57.0 ^a	56.8 ^a	48.9 ^a	39.4 ^b	5.2	0.027
<i>Ingesta de MS, % de PV</i>							
29 a 35 d	9.6	9.4	9.7	9.3	9.0	0.3	0.824
36 a 42 d	8.8	8.6	8.4	8.0	7.5	0.6	0.363
43 a 49 d	8.9 ^a	8.6 ^a	8.4 ^a	7.7 ^b	7.5 ^b	0.6	0.049
50 a 56 d	8.2 ^a	8.1 ^a	7.4 ^{ab}	7.4 ^{ab}	6.5 ^c	0.8	0.045
57 a 63 d	7.9 ^a	7.8 ^a	6.9 ^b	6.8 ^b	6.9 ^b	0.6	0.042
64 a 70 d	7.5 ^a	7.1 ^a	6.6 ^{ab}	6.7 ^{ab}	6.3 ^b	0.5	0.044
71 a 77 d	6.8 ^a	6.4 ^a	5.9 ^{ab}	5.0 ^b	4.4 ^c	0.7	0.032
<i>Ingesta de ED y nutrientes de 29 a 77 d</i>							
ED, Mcal	69.1 ^b	75.7 ^a	80.3 ^a	80.3 ^a	76.8 ^a	6.7	0.047
PC, g	501.4 ^{ab}	515.7 ^a	525.0 ^a	503.0 ^{ab}	454.3 ^b	14.6	0.049
FC, g	637.3 ^a	554.5 ^b	400.0 ^c	304.3 ^d	199.9 ^e	75.3	0.013
FDN, g	1124.2 ^a	1003.2 ^b	870.7 ^c	721.8 ^d	528.7 ^e	154.2	0.018
Almidón, g	138.4 ^e	283.4 ^d	444.5 ^c	564.8 ^b	633.8 ^a	94.3	0.014
<i>Ingesta de agua</i>							
29-77 d, l/cuy	4.9	5.0	5.2	5.1	5.3	0.1	0.835
Diaria, ml/cuy	100.3	102.7	105.7	104.0	108.3	4.4	0.629
Relación agua:MS	1.6 ^b	1.6 ^b	1.6 ^b	1.6 ^b	1.9 ^a	0.1	0.050

^{a,b,c,d,e} Promedios en la misma fila con diferentes superíndices son estadísticamente diferentes (p<0.05)

¹ Datos representan promedios de 8 repeticiones / tratamiento de 4 cuyes por repetición

² 40F/5A: PFA 8.1, 35F/10A: PFA 3.5, 30F/15A: PFA 2.0, 25F/20A: PFA 1.3, 20F/25A: PFA 0.8

FDN: fibra detergente neutro. MS: materia seca. PV: peso vivo. ED: energía digestible. PC: proteína cruda. FC: fibra cruda

SEM: Error estándar de la media

Cuadro 5. Efecto de las dietas con diferentes proporciones de fibra detergente neutro (FDN) y almidón (PFA) sobre el peso de los órganos digestivos del cuy a los 77 días de edad¹

	Tratamientos ²					SEM	p
	40F/5 ^a	35F/10 ^a	30F/15 ^a	25F/20 ^a	20F/25 ^a		
<i>Peso absoluto (g)</i>							
Estómago	19.3 ^a	19.1 ^a	17.8 ^b	15.7 ^c	11.2 ^d	1.1	0.032
Duodeno	18.5 ^a	19.1 ^a	18.8 ^a	17.6 ^b	11.2 ^c	0.9	0.028
Yeyuno	38.6 ^a	40.0 ^a	36.6 ^b	36.3 ^b	27.5 ^c	2.3	0.043
Ileon	7.6 ^a	7.3 ^a	5.9 ^b	4.9 ^c	4.3 ^{cd}	0.8	0.017
Ciego	90.7 ^a	94.6 ^a	96.0 ^a	89.2 ^{ab}	65.4 ^b	13.2	0.042
Colon-recto	47.9 ^a	48.2 ^a	48.5 ^a	42.1 ^b	28.4 ^c	3.5	0.031
Hígado	21.8 ^{bc}	23.7 ^b	26.7 ^a	27.4 ^a	24.1 ^{ab}	0.2	0.050
<i>Peso relativo (g/100 g de peso vivo)</i>							
Estómago	2.3 ^a	2.1 ^a	1.8 ^b	1.6 ^{bc}	1.3 ^c	0.1	0.048
Intestino delgado							
Duodeno	2.2 ^a	2.1 ^a	1.9 ^{ab}	1.8 ^{ab}	1.3 ^c	0.2	0.041
Yeyuno	4.6 ^a	4.4 ^a	3.7 ^b	3.7 ^b	3.2 ^c	0.3	0.049
Ileon	0.9 ^a	0.8 ^a	0.6 ^b	0.5 ^c	0.5 ^c	0.1	0.019
Total	7.7 ^a	7.3 ^a	6.2 ^{ab}	6.0 ^{ab}	5.0 ^b	0.4	0.037
Intestino grueso							
Ciego	10.8 ^a	10.4 ^a	9.7 ^{ab}	9.1 ^b	7.6 ^c	1.8	0.042
Colon-recto	5.7 ^a	5.3 ^a	4.9 ^{ab}	4.3 ^b	3.3 ^c	0.4	0.032
Total	16.5 ^a	15.7 ^a	14.6 ^{ab}	13.4 ^b	10.9 ^c	1.1	0.049
Hígado	2.6	2.6	2.7	2.8	2.8	0.1	0.461

^{a,b,c,d} Promedios en la misma fila con diferentes superíndices son estadísticamente diferentes (P<0.05)

¹ Datos representan promedios de n= 8

² 40F/5^a: PFA 8.1, 35F/10^a: PFA 3.5, 30F/15^a: PFA 2.0, 25F/20^a: PFA 1.3, 20F/25^a: PFA 0.8

FDN: fibra detergente neutro

SEM: Error estándar de la media

tuvo mayor peso en las dietas 40F/5A y 35F/10A. Asimismo, el peso relativo del estómago varió entre 1.3 y 2.3% y el del intestino delgado entre 5.0 y 7.7% del peso vivo, rangos que contienen los valores para pesos de estómago (1.9%) e intestino delgado (5.0%) reportados por Chiou *et al.* (2000) para un cuy más pequeño.

El peso relativo del ciego varió entre 7.6% para los cuyes que consumieron menor FDN y 10.8% para los animales que consumieron más FDN. Jara *et al.* (2018) determinaron pesos del ciego de 68.3 g y peso relativo de 8% en cuyes de 854 g de PV, lo cual coincide con el peso cecal de cuyes con la dieta 20F/25A (65.4 g y 7.6%). El mayor peso de colon-recto se vio influenciado por las dietas con mayor contenido de FDN. El peso total del TGI varió entre 17.2 y 26.5% para los tratamientos con menor y mayor FDN, respectivamente; rango de valores que comprenden al 22% de peso del TGI encontrado por Mustafa *et al.* (2019), en cuyes del valle de Condebamaba, Cajamarca, alimentados con una dieta mixta.

CONCLUSIONES

- Dietas con proporciones de fibra detergente neutro (FDN): almidón de 2.0 y 1.3 determinaron mejores ganancias de peso y conversión alimenticia en cuyes de 29 a 77 días de edad.
- El mejor rendimiento de carcasa en el cuy y menor desarrollo del tracto gastrointestinal se obtiene con menor contenido de FDN en la dieta y relaciones FDN: almidón en el rango de 0.8 y 3.5.
- Dietas con alto contenido de FDN en proporciones de FDN: almidón de 8.1 producen menor ganancia de peso, inferior conversión alimenticia y baja ingesta de energía digestible.

LITERATURA CITADA

1. **Adebowale TO, Yao K, Oso AO. 2019.** Major cereal carbohydrates in relation to intestinal health of monogastric animals: a review. *Anim Nutr* 5: 331-339. doi: 10.1016/j.aninu.2019.09.001
2. **Anglas J, Cueva S, Vásquez M, Lira B, Espinoza J, Lucas J, Rodríguez J. 2012.** Identificación y evaluación de transportadores de glucosa SGLT1 y GLUT2 y la incretina GLP-1 en intestino delgado de cuyes (*Cavia porcellus*). *Rev Inv Vet Perú* 23: 399-405. doi: 10.15381/rivep.v23i4.932
3. **Bach Knudsen KE, Hedemann MS, Lærke HN. 2012.** The role of carbohydrates in intestinal health of pigs. *Anim Feed Sci Tech* 173: 41-53. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2011.12.020
4. **Bazán V, Bezada S, Carcelén F, Yamada G. 2019.** Efecto de la infección subclínica de *Salmonella* Typhimurium sobre los parámetros productivos en la producción de cuyes de engorde (*Cavia porcellus*). *Rev Inv Vet Perú* 30: 1697-1706. doi: 10.15381/rivep.v30i4.-17274.
5. **Bazay G, Carcelén F, Ara M, Jiménez R, González R, Quevedo, W. 2014.** Efecto de los manano-oligosacáridos sobre los parámetros productivos de cuyes (*Cavia porcellus*) durante la fase de engorde. *Rev Inv Vet Perú* 25: 198-204. doi: 10.15381/rivep.v25i2.8491
6. **Blas E, Sanchis J, Fernández-Carmona J, Cervera C. 1990.** Cebo de conejos con piensos de distinta proporción en fibra y almidón. Primeros resultados. *Revista Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca de España* 1: 119-121.
7. **Camino J, Hidalgo V. 2014.** Evaluación de dos genotipos de cuyes (*Cavia porcellus*) alimentados con concentrado y exclusión de forraje verde. *Rev Inv*

- Vet Perú 25: 190-197. doi: 10.15381/rivep.v25i2.8490
8. **Chamberlain AT, Wilkinson JM. 2002.** Alimentación de la vaca lechera. España: Acribia. 318 p.
9. **Chauca L. 1997.** Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO. 77 p.
10. **Chauca L. 2018.** Manual de crianza de cuyes. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. 80 p.
11. **Chiou PWS, Yu B, Kuo CY. 2000.** Comparison of digestive function among rabbits, guinea pigs, rats and hamsters. I. Performance, digestibility and rate digesta passage. Asian Austral J Anim 13: 1499-1507. doi: 10.5713/ajas.2000.-1499
12. **Choez K, Ravillet V. 2018.** Frejol castilla (*Vigna unguiculata* L. Walp) como ingrediente en raciones de crecimiento-engorde de cuyes (*Cavia porcellus*) mejorados. Rev Inv Vet Perú 29: 180-187. doi: 10.15381/rivep.v29i1.14086
13. **de Blas C, Gasa J, Mateos GG. 2013.** Necesidades nutricionales para ganado porcino. Normas FEDNA. 2° ed. Madrid: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 109 p.
14. **de Blas C, Mateos GG, García-Rebollar P. 2010.** Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. 3° ed. Madrid: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 502 p.
15. **Franz R, Kreuzer M, Hummel J, Hatt JM, Clauss M. 2011.** Intake, selection, digesta retention, digestion and gut fill of two coprophageous species, rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) and guinea pigs (*Cavia porcellus*), on a hay only diet. J Anim Physiol An N 95: 564-570. doi: 10.1111/j.1439-0396.2010.01084.x
16. **González V, Tapia M. 2017.** Manual bovino de carne. Santiago de Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias - INIA. 172 p.
17. **Guzmán I, Carcelén F, Ara M, Jiménez R, Bezada S, Guevara J, Asencios A. 2019.** Comportamiento productivo de cuyes (*Cavia porcellus*) de engorde suplementados con tres niveles de butirato de sodio en la dieta. Rev Inv Vet Perú 30: 1092-1098. doi: 10.15381/rivep.v30i3.16594
18. **Jara M, Valencia R, Chauca L, Torres L. 2018.** Contribución al estudio anatómico e histológico del ciego del cuy (*Cavia porcellus*) raza Perú. Salud Tecnol Vet 2: 100-114. doi: 10.20453/stv.v6i2.3464.
19. **Johnson-Delaney C. 2016.** Anatomy and physiology of the rabbit and rodent gastrointestinal system. 27th Annual Association of Exotic Mammal Veterinarians and Association of Avian Veterinarians Conference & Expo. San Antonio, Texas, USA.
20. **Kawasaki K, Min X, Sakaguchi E. 2017.** Effect of fructo-oligosaccharides on nutrient digestibility and digesta retention time in adult guinea pigs. Anim Sci J 89: 547-551. doi: 10.1111/asj.12957
21. **Morales A, Carcelén F, Ara M, Arbaiza T, Chauca L. 2011.** Evaluación de dos niveles de energía en el comportamiento productivo de cuyes (*Cavia porcellus*) de la raza Perú. Rev Inv Vet Perú 22: 177-182. doi: 10.15381/rivep.-v22i3.254
22. **Morales J, Pérez JF, Anguita M, Martín-Orúe S, Fondevila M, Gasa J. 2003.** Comparación de parámetros productivos y digestivos entre cerdos Ibéricos y Landrace alimentados con maíz o bellota y sorgo. Arch Zootec 52: 35-45.
23. **Morales J, Pérez JF, Baucells MD, Mourot J, Gasa J. 2002.** Comparative digestibility and lipogenic activity in Landrace and Iberian finishing pigs fed ad libitum corn- and corn-sorghum-acorn-based diets. Livest Prod Sci 77: 195-205. doi: 10.1016/S0301-6226(02)-00063-5

24. **Mustafa AF, Chavarr EC, Mantilla JG, Mantilla JO, Paredes MA. 2019.** Effects of feeding flaxseed on performance, carcass trait, and meat fatty acid composition of guinea pigs (*Cavia porcellus*) under northern Peruvian condition. *Trop Anim Health Prod* 51: 2611-2617. doi: 10.1007/s11250-019-01977-0
25. **[NRC] National Research Council. 1995.** Nutrient requirements of laboratory animals. 4th ed rev. ed. Washington, USA. [Internet]. Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK231927/>
26. **Ndou SP, Kiarie E, Walsh MC, Ames N, de Lange CFM, Nyachoti CM. 2019.** Interactive effects of dietary fibre and lipid types modulate gastrointestinal flows and apparent digestibility of fatty acids in growing pigs. *Brit J Nutr* 121: 469-480. doi: 10.1017/S00071145-18003434
27. **Norman R, Wills AP. 2016.** An investigation into the relationship between owner knowledge, diet, and dental disease in guinea pigs (*Cavia porcellus*). *Animals* 6: 73. doi: 10.3390/ani6110073.
28. **Puente J, Carcelén F, Ara M, Bezada S, Huamán A, Santillán G, Perales R, et al. 2019.** Efecto de la suplementación con niveles crecientes de probióticos sobre la histomorfometría del intestino delgado del cuy (*Cavia porcellus*). *Rev Inv Vet Perú* 30: 624-633. doi: 10.15381/rivep.v30i2.16086
29. **Sakaguchi E. 2003.** Digestive strategies of small hindgut fermenters. *Anim Sci J* 74: 327-337.
30. **Sánchez R, Jiménez R, Huamán H, Bustamante J, Huamán A. 2013.** Respuesta productiva y económica al uso de cuatro tipos de bebederos y a la adición de vitamina C en la crianza de cuyes en época seca en el valle del Mantaro. *Rev Inv Vet Perú* 24: 283-292. doi: 10.15381/rivep.v24i3.2576
31. **SAS. 2006.** SAS/STAT User's Guide. Release 9.1. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
32. **Sotelo A, Valenzuela R, Césare MF, Alegría C, Norabuena E, Gonzáles T, Paitan E, et al. 2020.** Determinación de la digestibilidad y energía digestible del forraje seco de mucuna (*Mucuna pruriens*) en cuyes. *Rev Inv Vet Perú* 31: e17537. doi: 10.15381/rivep.v31i1.17537
33. **Torres C, Carcelén F, Ara M, San Martín F, Jiménez R, Quevedo W, Rodríguez J. 2013.** Efecto de la suplementación de una cepa probiótica sobre los parámetros productivos del cuy (*Cavia porcellus*). *Rev Inv Vet Perú* 24: 433-440. doi: 10.15381/rivep.v24i4.2729
34. **Villaruel P, Gómez C, Vera C, Torres J. 2018.** Almidón resistente: características tecnológicas e intereses fisiológicos. *Rev Chil Nutr* 45: 271-278. doi: 10.4067/s0717-75182018000400271
35. **Wen ZG, Rasolofomanana TJ, Tang J, Jiang Y, Xie M, Yang PL, Hou SS. 2017.** Effects of dietary energy and lysine levels on growth performance and carcass yields of Pekin ducks from hatch to 21 days of age. *Poultry Sci* 96: 3361-3366. doi: 10.3382/ps/pex122
36. **Xiao J, Metzler-Zebeli BU, Zebeli Q. 2015.** Gut function-enhancing properties and metabolic effects of dietary indigestible sugars in rodents and rabbits. *Nutrients* 7: 8348-8365. doi: 10.3390/nu7105397
37. **Yamada G, Bazán V, Fuentes N. 2019.** Comparación de parámetros productivos de dos líneas cárnica de cuyes en la costa central del Perú. *Rev Inv Vet Perú* 30: 240-246. doi: 10.15381/rivep.v30i1.15678
38. **Yu B, Chiou PWS, Kuo CY. 2000.** Comparison of digestive function among rabbits, guinea pigs, rats and hamsters. II. Digestive enzyme and hindgut fermentation. *Asian Austral J Anim* 13: 1508-1513. doi: 10.5713/ajas.2000.1508